

3^e Internationale Chemieolympiade, Boedapest, 1970, Hongarije

Theorie

Opgave 1

Een hoeveelheid van 23 g gas (dichtheid $\rho = 2,05 \text{ g dm}^{-3}$ bij STP) geeft bij verbranding 44 g koolstofdioxide en 27 g water.

Vraag

1. Geef de structuurformule van het gas (verbinding).

Opgave 2

Men laat een monster kristallijn soda met een massa van 1,287 g reageren met een overmaat zoutzuur. Hierbij ontstaat 100,8 mL gas (STP).

Een tweede monster met andere kristallijn soda en een massa van 0,715 g wordt ontleed met 50 mL 0,1 M zwavelzuur. Als de soda volledig ontleed is, wordt de overmaat zwavelzuur geneutraliseerd. Daarvoor is 50 mL 0,1 M natronloog nodig (in een titratie met methyloranje als indicator).

Vraag

1. Hoeveel moleculen kristalwater bevat het eerste sodamonster per Na_2CO_3 -deeltje?
2. Hebben beide sodamonsers dezelfde samenstelling?

relatieve atoommassa's

Na	23	H	1	C	12	O	16
----	----	---	---	---	----	---	----

Opgave 3

Koolstofmonoxide wordt gemengd met een $1,5 \times$ zo groot volume waterdamp.

Vraag

1. Wat is de samenstelling van het gasmengsel zowel in massa- als in volume-% in de evenwichtstoestand als 80 % van het koolstofmonoxide omgezet wordt in koolstofdioxide?

Opgave 4

Een legering bestaat uit rubidium en een van de andere alkalimetalen. 4,6 g van deze legering geeft met water 2,241 L waterstof bij STP.

Vragen

1. Welk ander alkalimetaal is een component van de legering?
2. Geef de samenstelling in massa-% van de legering.

relatieve atoommassa's

Li	7	Na	23	K	39	Rb	85,5	Cs	133
----	---	----	----	---	----	----	------	----	-----

Opgave 5

20 g koper(II)oxide reageert met een stoichiometrische hoeveelheid warm 20 % zwavelzuuroplossing tot een koper(II)sulfaatoplossing.

Vraag

1. Hoeveel g kristallijn koper(II)sulfaat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) kristalliseert er bij afkoelen tot 20 °C?

relatieve atoommassa's

Cu	63,5	S	32	O	16	H	1
----	------	---	----	---	----	---	---

De oplosbaarheid van CuSO_4 bij 20 °C is 20,9 g per 100 g water.

Opgave 6

Een oxide van een bepaald metaal bevat 22,55 massa-% zuurstof. Een ander oxide van hetzelfde metaal bevat 50,48 massa-% zuurstof.

Vraag

1. Geef de relatieve atoommassa van het metaal.

Uitwerkingen theorie

Opgave 1

Stel het onbekende gas op **X**.

$$\text{Ideale gaswet: } M(\mathbf{X}) = \frac{\rho(\mathbf{X}) \cdot RT}{p} = 46 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n(\mathbf{X}) = \frac{23 \text{ g}}{46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,5 \text{ mol}; n(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ g}}{44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 \text{ mol}; n(\text{C}) = 1 \text{ mol}; m(\text{C}) = 12 \text{ g}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{27 \text{ g}}{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,5 \text{ mol}; n(\text{H}) = 3 \text{ mol}; m(\text{H}) = 3 \text{ g}$$

De verbinding bevat ook zuurstof, want:

$$m(\text{C}) + m(\text{H}) = (12 + 3) \text{ g} = 15 \text{ g} < 23 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = 23 \text{ g} - 15 \text{ g} = 8 \text{ g}; n(\text{O}) = 0,5 \text{ mol}$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 1 : 3 : 0,5 = 2 : 6 : 1$$

De empirische formule van de verbinding is $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

$$\text{C}_2\text{H}_6\text{O} \begin{cases} \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} & \text{ethanol} \\ \text{CH}_3\text{OCH}_3 & \text{dimethylether} \end{cases}$$

ethanol is onder de gegeven omstandigheden een vloeistof en dus is het onbekende gas dimethylether.

Opgave 2

Monster A: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$

$$m(\text{A}) = 1,287 \text{ g}$$

$$pV = nRT \quad n(\text{CO}_2) = \frac{pV}{RT} = 0,0045 \text{ mol} = n(\text{A})$$

$$M(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{n(\text{A})} = \frac{1,287 \text{ g}}{0,0045 \text{ mol}} = 286 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{A}) = M(\text{Na}_2\text{CO}_3) + x \cdot M(\text{H}_2\text{O})$$

$$x = \frac{M(\text{A}) - M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{(286 - 106) \text{ g mol}^{-1}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 10$$

Monster A: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

Monster B: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$

$$M(\text{B}) = 0,715 \text{ g}$$

$$n(\text{NaOH}) = c \cdot V = 0,1 \text{ mol L}^{-1} \times 0,05 \text{ L} = 0,005 \text{ mol}$$

$$\text{Overmaat } \text{H}_2\text{SO}_4: n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0025 \text{ mol}$$

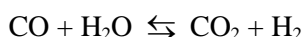
Gereageerd met B:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0025 \text{ mol} = n(\text{B})$$

$$M(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{n(\text{B})} = \frac{0,715 \text{ g}}{0,0025 \text{ mol}} = 286 \text{ g mol}^{-1}$$

Monster B: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

Opgave 3



Aanname: $n(\text{CO}) = 1 \text{ mol}; n(\text{H}_2\text{O}) = 1,5 \text{ mol}$

Na reactie: $n(\text{CO}) = 0,2 \text{ mol}; n(\text{H}_2\text{O}) = 0,7 \text{ mol}; n(\text{CO}_2) = 0,8 \text{ mol}; n(\text{H}_2) = 0,8 \text{ mol}$

$$v_i = n_i \frac{RT}{p}; \varphi_i = \frac{v_i}{V} = \frac{n_i}{n}$$

$$\phi(\text{CO}) = 0,2/2,5 = 0,08 \Rightarrow 8 \text{ vol\% CO}$$

$$\phi(\text{H}_2\text{O}) = 0,7/2,5 = 0,28 \Rightarrow 28 \text{ vol\% H}_2\text{O}$$

$$\phi(\text{CO}_2) = 0,8/2,5 = 0,32 \Rightarrow 32 \text{ vol\% CO}_2$$

$$\phi(\text{H}_2) = 0,8/2,5 = 0,32 \Rightarrow 32 \text{ vol\% H}_2$$

$$\text{Voor reactie: } m(\text{CO}) = n \cdot M = 1 \text{ mol} \cdot 28 \text{ g mol}^{-1} = 28 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 1,5 \text{ mol} \cdot 18 \text{ g mol}^{-1} = 27 \text{ g}$$

$$\text{Na reactie; } m(\text{CO}) = 0,2 \text{ mol} \cdot 28 \text{ g mol}^{-1} = 5,6 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,7 \text{ mol} \cdot 18 \text{ g mol}^{-1} = 12,6 \text{ g}$$

$$m(\text{CO}_2) = 0,8 \text{ mol} \cdot 44 \text{ g mol}^{-1} = 35,2 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2) = 0,8 \text{ mol} \cdot 2 \text{ g mol}^{-1} = 1,6 \text{ g}$$

$$w_i = \frac{m_i}{m}$$

$$w(\text{CO}) = 5,6 \text{ g}/55,0 \text{ g} = 0,102$$

$$10,2 \text{ massa\%}$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = 12,6 \text{ g}/55,0 \text{ g} = 0,229$$

$$22,9 \text{ massa\%}$$

$$w(\text{CO}_2) = 35,2 \text{ g}/55,0 \text{ g} = 0,640$$

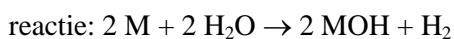
$$64,0 \text{ massa\%}$$

$$w(\text{H}_2) = 1,6 \text{ g}/55,0 \text{ g} = 0,029$$

$$2,9 \text{ massa\%}$$

Opgave 4

M – alkalimetaal



$$n(\text{H}_2) = 0,1 \text{ mol}; n(\text{M}) = 0,2 \text{ mol}$$

gemiddelde molaire massa:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{4,6 \text{ g}}{0,2 \text{ mol}} = 23 \text{ g mol}^{-1}$$

Alleen lithium komt in aanmerking wat betreft de molaire massa's van de alkalimetalen; de legering bestaat dus uit rubidium en lithium.

$$n(\text{Rb}) + n(\text{Li}) = 0,2 \text{ mol}$$

$$m(\text{Rb}) + m(\text{Li}) = 4,6 \text{ g}$$

$$n(\text{Rb}) \times M(\text{Rb}) + n(\text{Li}) \times M(\text{Li}) = 4,6 \text{ g}$$

$$n(\text{Rb}) \times M(\text{Rb}) + (0,2 - n(\text{Rb})) \times M(\text{Li}) = 4,6$$

$$n(\text{Rb}) \times 85,5 + (0,2 - n(\text{Rb})) \times 7 = 4,6$$

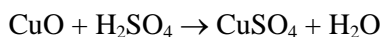
$$n(\text{Rb}) = 0,0408 \text{ mol}$$

$$n(\text{Li}) = 0,1592 \text{ mol}$$

$$\% \text{ Rb} = \frac{0,0408 \text{ mol} \cdot 85,5 \text{ g mol}^{-1}}{4,6 \text{ g}} \cdot 100 = 76$$

$$\% \text{ Li} = \frac{0,1592 \text{ mol} \cdot 7 \text{ g mol}^{-1}}{4,6 \text{ g}} \cdot 100 = 24$$

Opgave 5



$$n(\text{CuO}) = \frac{20 \text{ g}}{79,5 \text{ g mol}^{-1}} = 0,2516 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{CuSO}_4) = 0,2516 \text{ mol}$$

CuSO₄-oplossing verkregen door reactie:

$$m(\text{CuSO}_4\text{-oplossing}) = m(\text{CuO}) + m(\text{H}_2\text{SO}_4\text{-oplossing}) = m(\text{CuO}) + \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4)}{w(\text{H}_2\text{SO}_4)} =$$

$$20 \text{ g} + \frac{0,2516 \text{ mol} \times 98 \text{ g mol}^{-1}}{0,2} = m(\text{CuSO}_4\text{-oplossing}) = 143,28 \text{ g}$$

massafraction CuSO₄:

a) in de verkregen oplossing:

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{CuSO}_4\text{-oplossing})} = \frac{n(\text{CuSO}_4) \times M(\text{CuSO}_4)}{m(\text{CuSO}_4\text{-oplossing})} = 0,28$$

b) in verzadigde CuSO_4 -oplossing bij 20°C

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{20,9 \text{ g}}{120,9 \text{ g}} = 0,173$$

c) in kristallijn $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{M(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O})} = 0,639$$

massabalans voor CuSO_4 :

$$0,639 m_1 + 0,173 m_2 = 0,28 m$$

m_1 = massa kristallijn $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

m_2 = massa verz. CuSO_4 -oplossing bij 20°C

m = massa CuSO_4 -oplossing verkregen bij de reactie bij hogere temperatuur

$$0,639 m_1 + 0,173 \times (143,28 - m_1) = 0,28 \times 143,28 \Rightarrow m_1 = 32,9$$

De opbrengst van de kristallisatie is $32,9 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

Opgave 6

oxide 1: M_2O_x

$$2 : x = \frac{w(\text{M})}{M(\text{M})} : \frac{w(\text{O})}{M(\text{O})}$$

$$2 : x = \frac{0,7745}{M(\text{M})} : \frac{0,2255}{16} = \frac{54,95}{M(\text{M})} \quad (1)$$

oxide 2: M_2O_y

$$2 : y = \frac{w(\text{M})}{M(\text{M})} : \frac{w(\text{O})}{M(\text{O})}$$

$$2 : y = \frac{0,4952}{M(\text{M})} : \frac{0,5048}{16} = \frac{15,695}{M(\text{M})} \quad (2)$$

Als (1) wordt gedeeld door (2):

$$\frac{y}{x} = \frac{54,95}{15,695} = 3,5 = \frac{7}{2}$$

Door substitutie van $x = 2$ in (1) $\Rightarrow M(\text{M}) = 54,95 \text{ g mol}^{-1}$

$\text{M} = \text{Mn}$

oxide 1 = MnO

oxide 2 = Mn_2O_7

Practicum

Opgave 7

Een onbekend monster is een mengsel van 1,2 M H₂SO₄ en 1,47 M HCl.

Bepaal met behulp van de gegeven oplossingen en uitrusting;

1. de totale hoeveelheid zuur (in equivalenten) in 1 L oplossing.
2. de massa zwavelzuur, en ook die van waterstofchloride in 1 L monster.

Opgave 8

Voer een kwalitatieve analyse uit van de stoffen in de genummerde reageerbuizen met de beschikbare reagentia en uitrusting. Geef ook de formules van deze stoffen.

Geef 10 reactievergelijkingen van de reacties waarmee je de analyse hebt uitgevoerd:

5 neerslagreacties

2 reacties waarbij gas vrijkomt

3 redoxreacties